

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки – 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение электроэнергетики и электротехники

Профиль – Энергосберегающие режимы работы электрических источников питания, комплексов и систем

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Асинхронный электропривод компрессора природного газа

УДК 62-83:622.691.4.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ6Л	Ващенко Ксения Вячеславовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Афанасьев К.С.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фигурко А.А.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Ю.В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель отделения	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Дементьев Ю.Н.	Ph.D., к.т.н.		

Томск – 2018 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки – 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение электроэнергетики и электротехники

Профиль – Энергосберегающие режимы работы электрических источников питания, комплексов и систем

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель отделения

_____ Дементьев Ю.Н.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ6Л	Ващенко Ксении Вячеславовне

Тема работы:

Асинхронный электропривод насосной установки

Утверждена приказом директора (дата, номер)

от 07.02.2018 года № 795/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

1. Технические параметры электроприводного газоперекачивающего агрегата типа ЭГПА-12,5/6500-56/1,44-ПЧ-МП «Лысьва».
2. Диапазон регулирования скорости: 1:2.
3. Способ управления приводным двигателем – частотный с законом изменения амплитуды и частоты питающего напряжения $U/f^2 = \text{const}$.
4. Способ пуска – плавный с задатчиком интенсивности.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Описание технологической схемы компрессорной станции природного газа. 2. Расчет параметров схемы замещения двигателя, его основных характеристик. 3. Расчет искусственных статических характеристик системы преобразователь-двигатель при скалярном управлении 4. Имитационное моделирование пуска асинхронного электропривода на различные скорости вращения с задатчиком интенсивности на входе системы и без него. Анализ полученных результатов моделирования.
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Фигурко А.А.
Социальная ответственность	Бородин Ю.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Афанасьев К.С.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ6Л	Ващенко Ксения Вячеславовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ6Л	Ващенко Ксении Вячеславовне

Инженерная школа	ИШЭ	Отделение	Электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Магистр	Направление	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Материально-технических, финансовых, информационных и человеческих.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Тарифы на оплату труда
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Налоговый кодекс РФ. Ф3-231 от 24.07.2009 в редакции от 09.03.2016г № 55-ФЗ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	- Проведение предпроектного анализа
2. Разработка устава научно-технического проекта	- Проведение предпроектного анализа
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	- Расчет бюджета проекта - Определение точки безубыточности
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	- Определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности проекта - Расчет экономической эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
8. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фигурко А.А.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ6Л	Ващенко Ксения Вячеславовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ6Л	Ващенко Ксении Вячеславовне

Инженерная школа	ИШЭ	Отделение	Электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Магистр	Направление	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.

Объект исследования – асинхронный электропривод компрессора природного газа, предназначенный для исправной работы компрессорной установки. Рабочая зона – это оперативный пункт управления, с которого персонал будет дистанционно осуществлять контроль работы электростанции.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)

1.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности

- механические опасности (источники, средства защиты);
- термические опасности (источники, средства защиты);
- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);

пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)

Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:

- вибрация
Вибрационная болезнь; сердечно-сосудистые расстройства; поражение вестибулярного аппарата; нарушение нервной и опорно – двигательной системы;
- шум
Развитие тугоухости; появление синдрома хронической усталости; головные боли; перегрузка сердечно-сосудистой системы.
- освещение
Снижение нормального функционирования зрительного аппарата; расстройство психики; утомление центральной нервной системы.

- электромагнитное поле
Развитие бесплодия; проблемы при беременности – выкидыши; поражение центральной нервной системы возникновение депрессий и склонность к самоубийствам.

Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:

- термические опасности (высокая температура нагрева тэнов в бойлерах, возможность получения ожогов);
- электробезопасность (обеспечение защищённости персонала от поражения электрическим током, (наличие токоведущих частей, присутствие

	<p>трансформатора, аккумуляторных батарей, фотоэлектрических модулей);</p> <ul style="list-style-type: none"> – пожаровзрывобезопасность (возгорание горючих веществ (дизельного топлива и масла, а также перегрузка трансформатора), взрывы складов топлива.)
<p>2. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу (выброс в атмосферу свинца и раствора серной кислоты от аккумуляторных батарей, выбросы оксидов углерода и азота от дизельной электростанции); – анализ воздействия объекта на литосферу (требуются большие площади земель для построения фотодизельной электростанции, что приводит к изменениям почвенных условий, растительности, большая материалоемкость (металл, стекло, бетон))
<p>3. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – нарушение правил пожаро- и взрывобезопасности на фотодизельной электростанции, повлекшее за собой потерю передачи электроэнергии производственным предприятиям или населенным пунктам; – отсутствие заземления, которое может привести к смертельному исходу обслуживающего персонала; – наводнение, затопление фотодизельной электростанции (дорогостоящего электрооборудования и угроза поражением электрическим током.)
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>Проведение инструктажей, использование трудового кодекса Российской Федерации ФЗ - №197, компоновка рабочей зоны</p>
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	Графические материалы отсутствуют

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Ю.В.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ6Л	Вашенко Ксения Вячеславовна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 82 с., 15 рис., 15 табл., 9 источников.

Ключевые слова: компрессор, асинхронный электропривод, скалярное управление, переходные процессы.

Объектом исследования является асинхронный электропривод компрессора природного газа.

Цель работы – исследовать основные характеристики асинхронного электропривода со скалярным управлением с законом управления $U_1/f_1^2 = \text{const}$.

В процессе исследования проводились выбор асинхронного двигателя электроприводного газоперекачивающего агрегата типа ЭГПА-12,5/6500-56/1,44-ПЧ-МП «Лысьва», расчет параметров двигателя, его естественных статических характеристик, расчет искусственных статических характеристик электропривода со скалярным управлением при различных частотах питающего напряжения, исследование и анализ переходных характеристик электропривода при пуске под нагрузкой на разные скорости вращения.

В результате исследования было доказано преимущество использования задатчика интенсивности на входе системы для ограничения пускового момента и исключения колебаний момента в переходных режимах.

Оглавление

Введение.....	9
1 Технологическая схема компрессорной станции.....	11
2 Описание электроприводного газоперекачивающего агрегата.....	12
3 Расчет параметров схемы замещения асинхронного электродвигателя....	16
4 Определение интервала частот инвертора.....	22
5 Искусственные статические характеристики системы преобразователь- двигатель при законе регулирования $U_1/f_1^2 = \text{const}$	23
6 Исследование переходных процессов в асинхронном электроприводе с законом регулирования скорости $U/f^2 = \text{const}$	24
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	31
8 Социальная ответственность.....	59
Заключение.....	75
Список использованной литературы.....	76
Приложение А. Asynchronous electric drive for a natural gas compressor.....	77

Введение

Нефть и газ являются основными источниками национального богатства России. При этом обеспеченность страны этими исчерпываемыми природными ресурсами, содержание их потенциальных запасов в недрах земли и морского шельфа выдвигает Россию на первое место в мире в текущем плане и долгосрочной перспективе, придавая ей, статус энергетической «кладовой» Земли. Особенно это касается природного газа, запасы которого превосходят аналогичные показатели других газоносных территорий мира в несколько раз. Природный газ в качестве источника энергии является наиболее экологически чистым, в природе имеются значительные его запасы, что позволяет назвать природный газ топливом 21 века. В ближайшее десятилетие ожидается рост спроса на газ, превосходящий рост спроса на другие источники энергии.

Развитие систем транспортировки газа относится к числу важнейших факторов, определяющих возможности увеличения и расширения добычи и потребления газообразного топлива. Транспортировка природного газа в пределах газопромысла и его подача конечному потребителю осуществляется при помощи трубопроводов, а переброска природного газа на значительные расстояния – посредством магистральных газопроводов или в сжиженном виде на специальных танкерах.

Подготовленный на головных сооружениях газ поступает в магистральный газопровод определенного класса давления (высокого, низкого или среднего). По мере продвижения газа по газопроводу проявляется эффект дросселирования, то есть распределенное по длине падение давления. Для восстановления первоначального давления в трубе используются компрессорные станции. Компрессорные станции предназначены для сжатия газа до рабочего давления с целью обеспечения пропускной способности магистрального газопровода. Они оборудуются поршневыми компрессорами или центробежными нагнетателями с

газотурбинным или электрическим приводом. В последние годы на компрессорных станциях широко используют центробежные нагнетатели, имеющие важные преимущества перед поршневыми компрессорами. К числу этих преимуществ, в частности, можно отнести большую производительность; отсутствие внутренних трущихся деталей, требующих смазки; меньшую площадь, требуемую для установки; более легкие фундаменты вследствие меньшей массы агрегатов и почти полного отсутствия толчков и вибраций; равномерность подачи газа; меньшую стоимость установки, особенно с электроприводом. В данном проекте рассматривается компрессорная станция с центробежными нагнетателями с электрическим приводом, которые используются в промышленных районах с невысокой стоимостью электроэнергии. Центробежные нагнетатели на компрессорной станции работают последовательно по два-три агрегата в группе. Число групп зависит от пропускной способности газопровода. Из последнего последовательно включенного нагнетателя подается газ с рабочим давлением и температурой около 70°C .

В данной работе исследован асинхронный электропривод центробежного компрессора природного газа.

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Предпроектный анализ

На сегодняшний день, на рынке компрессорных станций, имеется ряд лидеров по обслуживанию компрессорного оборудования, среди которых, самые популярные ООО «ИНГК», ООО «Промресурсы-Сервис», ООО «КомпрессорСервис». Проведем их сегментирование.

Сегментирование компрессорных станций

Классификация компрессорных станций	Критерии сегментирования					
		Месторасположение	Стоимость	Требуемое обслуживание		Постоянство в электроснабжении
	Крупные					
	Средние					
	Мелкие					
ООО «ИНГК»		ООО «Промресурсы-Сервис»		ООО «КомпрессорСервис»		

Из данной таблицы видно, что компания ООО «ИНГК» является лидером в обслуживании компрессорных станций. Основные сегменты данного рынка: стоимость, месторасположение, постоянство в электроснабжении, в требуемом обслуживании. Привлекательными сегментами этого рынка являются: месторасположение, большое кол-во потребителей, сложность конструкций.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Мощность компрессорной подстанции определяется мощностью и качеством компрессорного агрегата. Поэтому проведем анализ компрессорных агрегатов разных производителей, с помощью оценочной

карты, но одинаковой мощности. Возьмем такие компрессорные агрегаты, как: ТКА 250/9, 3ГЦ2-40, ВГ-100

Экспертная оценка будет происходить по следующим техническим и экономическим критериям: <http://www.pkm.ru/catalog/gazovye-kompressory-vintovye/>

- Технические

1) Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей). Да – 5 баллов; Нет – 0 баллов.

ТКА 250/9 – да – 5 б.

3ГЦ2-40 – нет – 0 б.

ВГ-100 – нет – 0 б.

2) Помехоустойчивость. Есть – 5 баллов; Нет – 0 баллов.

ТКА 250/9 – есть – 5 б.

3ГЦ2-40 – есть – 5 б.

ВГ-100 – есть – 5 б.

3) Надежность заключается в бесперебойной работе установки. Есть – 5 баллов; Нет – 0 баллов.

ТКА 250/9 – есть – 5 б.

3ГЦ2-40 – есть – 5 б.

ВГ-100 – есть – 5 б.

4) Уровень шума – шум, появляющийся при работе компрессорного агрегата. Есть – 0 баллов; Нет – 5 баллов.

ТКА 250/9 – есть – 5 б.

3ГЦ2-40 – есть – 5 б.

ВГ-100 – есть – 5 б.

5) Безопасность – заключается в заземление и отсутствии оголённых, токопроводимых частей. Есть – 5 баллов; Нет – 0 баллов.

ТКА 250/9 – есть – 5 б.

3ГЦ2-40 – есть – 4 б.

ВГ-100 – есть – 4 б.

6) Функциональная мощность – мощность двигателя 1600 кВт.

Соответствует – 5 баллов; Не соответствует – 0 баллов.

ТКА 250/9 – есть – 5 б.

ЗГЦ2-40 – есть – 5 б.

ВГ-100 – есть – 5 б.

7) Простота эксплуатации. Да – 5 баллов; Нет – 0 баллов.

ТКА 250/9 – есть – 4 б.

ЗГЦ2-40 – есть – 4 б.

ВГ-100 – есть – 0 б.

8) Возможность подключения к ПК. Мониторинг возможен – 5 баллов; Не возможен – 0 баллов.

ТКА 250/9 – есть – 0 б.

ЗГЦ2-40 – есть – 0 б.

ВГ-100 – есть – 0 б.

- Экономические

1) Конкурентоспособность продукта – основывается на наличии качественного охлаждения. Есть – 5 баллов; Нет – 2,5 баллов.

ТКА 250/9 – есть – 5 б.

ЗГЦ2-40 – есть – 4 б.

ВГ-100 – есть – 5 б.

2) Цена: 14,0 млн.руб. – 5 баллов

ТКА 250/9 – 14,24 млн.руб. – 4 б.

ЗГЦ2-40 – 11,85 млн.руб. – 5 б.

ВГ-100 – 13,5 млн.руб. – 4 б.

3) Предполагаемый срок эксплуатации. 25 лет - 5 баллов.

ТКА 250/9 – 25 лет – 5 б.

ЗГЦ2-40 – 20 лет – 4 б.

ВГ-100 – 25 лет – 5 б.

4) Наличие сертификации разработки. Есть – 5 баллов; Нет – 0 баллов.

ТКА 250/9 – есть – 5 б.

ЗГЦ2-40 – есть – 5 б.

ВГ-100 – есть – 5 б.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		ТКА 250/9	ЗГЦ2-40	ВГ-100	ТКА 250/9	ЗГЦ2-40	ВГ-40
1	2	4	5	6	7	8	9
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Удобство в эксплуатации	0,09	5	0	0	0,45	0	0
2. Помехоустойчивость	0,12	5	5	5	0,06	0,06	0,06
3. Надежность	0,12	5	5	5	0,06	0,06	0,06
4. Уровень шума	0,12	5	5	5	0,06	0,06	0,06
5. Безопасность	0,094	5	4	4	0,47	0,376	0,376
6. Функциональная мощность	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
7. Простота эксплуатации	0,08	4	4	0	0,32	0,32	0
8. Возможность подключения к ПК	0	0	0	0	0	0	0
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Конкурентоспособность продукта	0,09	5	4	5	0,45	0,36	0,45
2. Цена	0,076	4	5	4	0,304	0,38	0,304
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
4. Наличие сертификации разработки	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
Итого	1	53	46	43	3,22	2,62	2,36

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i = 0,0975 \cdot 5 = 0,49$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

В ходе проведения данного анализа было выявлено превосходство компрессорных агрегатов типа ТКА 250/9 производителя АО «Дальэнергомаш» над своими конкурентами. Наиболее выгодно и эффективно при работе газокompрессорной станции будет использование агрегата данного типа.

Стадия 1. Объектом исследования FAST-анализа выступает асинхронный электропривод компрессора природного газа.

Стадия 2. *Главная функция* асинхронного электропривода компрессора природного газа – это преобразовывать электрическую энергию в механическую для правильной работы компрессора. *Основная функция* асинхронного электропривода компрессора природного газа – сжижение газа для транзита и очищение его от масла и примесей. *Вспомогательная функция* асинхронного электропривода компрессора природного газа – очищение масла от примесей для дальнейшего использования на производстве.

Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Электродвигатель	—	Обеспечивает исправной работы установки	X		
Компрессор винтовой	1	1. Сжижает газ для транзита 2. Базовая деталь компрессорной установки		X	
Маслоотделитель	1	Очищает сжиженный		X	

		газ от масла			
Фильтр масла	1	Очищает масло			X
Газовый фильтр	1	Очищение газа		X	

Стадия 3. Определение значимости выполняемых функций объектом.

Для оценки значимости функций будем использовать метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глущенко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции. На *первом этапе* необходимо построить матрицу смежности функции

Матрица смежности

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Функция 5
Функция 1	=	<	<	<	<
Функция 2	>	=	<	<	<
Функция 3	>	>	=	<	<
Функция 4	>	>	>	=	>
Функция 5	>	>	>	<	=

Примечание: «<» – менее значимая; «=» – одинаковые функции по значимости; «>» – более значимая.

Второй этап связан в преобразованием матрицы смежности в матрицу количественных соотношений функций.

Матрица количественных соотношений функций

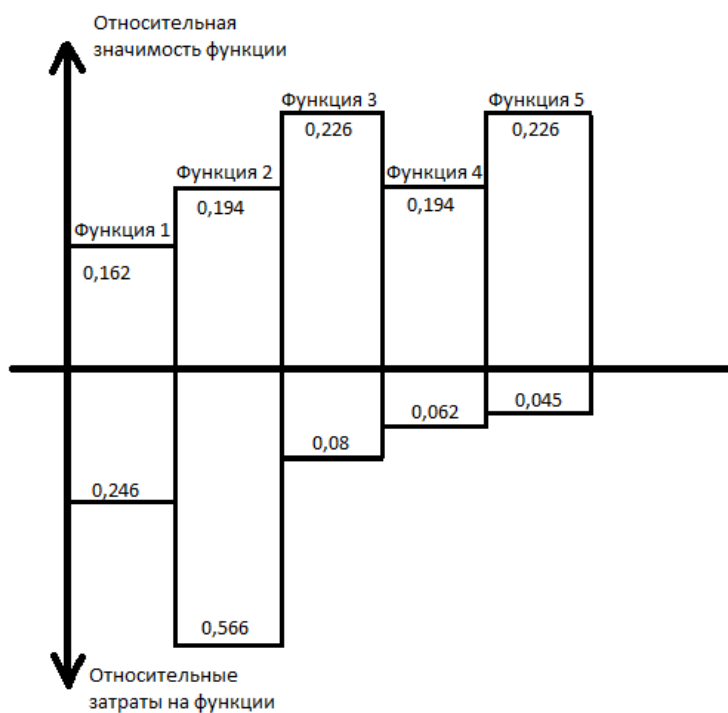
	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Функция 5	ИТОГО/Отн. значимость
Функция 1	1	0,5	0,5	1,5	1,5	5/0,162
Функция 2	1,5	1	0,5	1,5	1,5	6/0,194
Функция 3	1,5	1,5	1	1,5	1,5	7/0,226
Функция 4	1,5	1,5	1,5	1	0,5	6/0,194
Функция 5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	7/0,226
<i>Примечание:</i> 0,5 при «<»; 1,5 при «>»; 1 при «=»						Сумма $\Sigma=31/\Sigma=1$

Стадия 4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.

Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоемкость детали, норма-ч	Стоимость материала, руб.	Зарботная плата, руб.	Себестоимость, руб.
Электродвигатель	–	Обеспечивает исправной работы установки	–	–	47 410,74	15 842,1	63 252,84/0,246
Центробежный компрессор	1	1. Сжижает газ для транзита 2. Базовая деталь компрессорной установки	–	–	107 670	37 812,5	145 482,5/0,566
Маслоотделитель	1	Очищает сжиженный газ от масла	–	–	20 020	653,89	20 673,89/0,08
Фильтр масла	1	Очищает масло	–	–	15 623	405,19	16 028,19/0,062
Газовый фильтр	1	Очищение газа	–	–	11 230	397,53	11 627,53/0,045
						Итого	$\Sigma=257\ 064,95$ $\sqrt{\Sigma}=1$

Стадия 5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ.



SWOT - анализ

SWOT анализ – это инструмент стратегического анализа и планирования, применяемый для оценки явлений и факторов, оказывающих влияние на проект. SWOT-анализ проходит в несколько этапов. На первом этапе необходимо описать сильные и слабые стороны системы и в выявлении возможностей и угроз для реализации системы, которые проявились или могут проявиться в его внешней среде.

	<p>Сильные стороны:</p> <p>С1. Экологичность технологии</p> <p>С2. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии</p> <p>С3. Большой срок службы установки</p> <p>С4. Более низкая стоимость технологии по сравнению с другими</p> <p>С5. Малые затраты на обслуживание</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1. Удаленность объекта от крупных населенных пунктов</p> <p>Сл2. Отсутствие оборудования для проведения испытаний</p> <p>Сл3. Отсутствие рабочего персонала со знанием программирования</p> <p>Сл4. Большой срок наладки</p> <p>Сл5. Сложность и новизна схемы работы</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Внедрение автоматизированной системы программного обеспечения для управления компрессорными установками</p> <p>В2. Снижение стоимости сырья</p> <p>В3. Упрощение работы газокompрессорных установок</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В5. Внедрение на рынок более развитых технологий</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Большой срок службы, экологичность и экономичность приведет к повышению стоимости развитых конкурентных разработок на рынке. 2. В связи с низкой стоимостью технологии и малыми затратами на ее обслуживание есть возможность снижения стоимости сырья во внутреннем рынке. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. В связи с отсутствием рабочего персонала со знанием программирования упрощение работы газокompрессорных установок невозможно. 2. Из-за сложности и новизны схемы работы быстрое внедрение развитых технологий на рынок невозможно.
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Дополнительная государственная сертификация и проверки работоспособности компрессорных установок</p> <p>У2. Отсутствие финансирования на модернизацию компрессорных установок</p> <p>У3. Отсутствие спроса на новые технологии</p> <p>У4. Ограничения на экспорт технологий</p> <p>У5. Развитая конкуренция технологий производства</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Большой срок службы установки и ее низкая стоимость оправдывает собой дополнительные государственные сертификации и проверки. 2. Экологичность технологии, ее экономичность и энергоэффективность вызовут спрос на рынке, что повлечет за собой активное финансирование проектов модернизации. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. При отсутствии оборудования для проведения испытаний невозможно уверенно проходить дополнительную сертификацию и проверку установок. 2. Отсутствие спроса на новые технологии напрямую связано с отсутствием квалифицированного персонала со знанием программирования.

Оценка готовности проекта к коммерциализации

На любой стадии жизненного цикла научной разработки полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее завершения. Оценим готовность проекта к коммерциализации, заполнив соответствующую таблицу 7.

Таблица 7 – Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности научного проекта*	Уровень имеющихся знаний у разработчика**
1. Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2. Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	5
3. Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	5
4. Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5. Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	3
6. Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	1
7. Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8. Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9. Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	2
10. Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	5
11. Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12. Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1

13. Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	1
14. Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	5
15. Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
ИТОГО БАЛЛОВ	45	46

**Степень проработанности: 1 – не проработанность, 2 – слабая проработанность, 3 – выполнено, но в качестве не уверен, 4 – выполнено качественно, 5 – имеется положительное заключение независимого эксперта.*

***Уровень имеющихся знаний: 1 – не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать*

Значение Бсум позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так, если значение Бсум получилось от 75 до 60, то такая разработка считается перспективной, а знания разработчика достаточными для успешной ее коммерциализации. Если от 59 до 45 – то перспективность выше среднего. Если от 44 до 30 – то перспективность средняя. Если от 29 до 15 – то перспективность ниже среднего. Если 14 и ниже – то перспективность крайне низкая.

По суммарным значениям баллов $B_{\text{сум}} = 46$ можно сказать, что проект обладает перспективностью выше среднего. Значение позволяет говорить о готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Тем не менее, произведенная оценка готовности научной разработки требует дальнейшего совершенствования проекта и более глубоких исследований в области маркетинга.

Для повышения перспективности необходимо повысить компетентность в вопросах коммерциализации на внутреннем и внешнем рынках, обеспечить проекту команду для коммерциализации, проработать

вопросы финансирования, а также необходимо разработать бизнес-план коммерциализации.

Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Данный проект предполагает следующий метод коммерциализации – инжиниринг, который предусматривает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг.

Данный проект предполагает следующий метод коммерциализации – инжиниринг, который предусматривает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг.

Инициация проекта

Цели и результат проекта

В данном разделе приведена общая информация о целях и задачах проекта. В рамках инициации определяется содержание проекта, определяется объем финансирования. Определим заинтересованные стороны и их ожидания, результат сведем в таблицу 8.

Таблица 8 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Внутренние	
Руководитель проекта	Разработка и построение модели асинхронного двигателя, на базе которого реализованы законы скалярного управления. Построены имитационные модели в программной среде Matlab.
Исполнитель по проекту	Законченное научное исследование, разработка модели асинхронного двигателя, расчет статических характеристик. Получение степени магистра.
Внешние	

ООО «Газпром добыча Уренгой»	Проект реконструкции дожимной компрессорной станции УКПГ-16.
ООО «Газпром трансгаз Казань»	Проект реконструкции компрессорной станции Арская газопровода Ямбург-Зап.граница.
ПАО «Газпром»	Разработка проекта по введению в эксплуатацию модели асинхронного двигателя для строительства газопровода Сила Сибири.

Определим цели и результаты проекта, сведя их в таблицу 9.

Таблица 9 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследование режимов работы и модернизация оборудования компрессорных станций.
Ожидаемые результаты проекта:	Обеспечение предприятий современными разработками, удешевление конструкции компрессорной установки.
Критерии приемки результата проекта:	Соответствие реализации проекта графику и смете указанных работ; наличие публикаций по проекту с подтверждением исследований; соответствие разработки требованиям стандартов, возможность применения данного проекта для реконструкции установленных на компрессорных станциях асинхронных электроприводов.
Требования к результату проекта:	Результат проекта должен соответствовать изначальным требованиям стандартов, предъявляемых к компрессорным установкам.
	Проект должен быть выполнен в рамках установленного бюджета и времени
	Реализация данного проекта приведет к удешевлению конструкции и упрощению ее работы.

Организационная структура проекта

Исполнителей и их роли в создании проекта сведем в таблицу 10.

Таблица 10 – Рабочая группа проекта

ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час.
1.Афанасьев Кирилл Сергеевич НИ ТПУ <i>Старший</i>	Руководитель проекта	Управление проектом, координирование и анализ выполнения	80

<i>преподаватель, к.т.н.</i>		проекта.	
2. Ващенко Ксения Вячеславовна НИ ТПУ <i>Студент группы 5АМ6Л</i>	Исполнитель проекта	Исполнение работ по реализации проекта	130
ИТОГО:			210

Ограничения и допущения проекта

Ограничения и допущения сведем в таблицу 11.

Таблица 11 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
1. Бюджет проекта, руб	462463
1.1. Источник финансирования	ФГАОУ ВО «Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет»
1.2. Сроки проекта:	1 сентября 2017 г. – 24 мая 2018 г.
1.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	1 сентября 2017 г.
1.2.2. Дата завершения проекта	25 мая 2018 г.
1.3. Прочие ограничения и допущения*	-

В результате проведения инициации проекта сформулированы цели и предполагаемые результаты, определены заинтересованные стороны проекта и финансовые рамки, что очень важно для успешного завершения проекта и его реализации.

Планирование научно-технического проекта

Особенность НИР в энергетической области это ее неповторимость, сложность и уникальность.

Последовательность выполнения научно-исследовательской работы, а также ее содержание зависят от предмета исследования, сложности научно-исследовательской работы, актуальности и новизны темы.

Иерархическая структура работ

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР было проведено структурирование и определение содержания всего проекта (рисунок 2).



Рисунок 2 – Иерархическая структура работ

Контрольные события проекта

В рамках данного раздела необходимо определить ключевые события проекта, определить их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты. Контрольные события проекта представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Контрольные события проекта

Контрольное событие	Дата	Результат
Выдача и согласование с руководителем темы проекта	01.09.17	Разработана тематика работы, определены основные составляющие проекта
Начало изучения литературы	15.09.17	Составление плана работы
Выбор преобразователя частоты. Расчет параметров.	17.10.17	Отчет
Выбор двигателя. Расчет и построение характеристик.	15.11.17	Протокол расчета и отчет
Расчет и построение характеристик электропривода	10.02.18	Протокол расчета и отчет

Контрольное событие	Дата	Результат
газоперекачивающего агрегата.		
Разработка имитационной модели системы «ПЧ-АД - нагнетатель» в среде Matlab	12.03.18	Отчет
Оценка эффективности и анализ результатов	30.04.18	Отчет
Оформление расчетно - пояснительной записки	05.05.18	Написание основной части

План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта (таблица 16). Линейный график представляется в виде таблицы.

Таблица 16 – Календарный график проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Выдача и согласование с руководителем темы проекта, подготовка плана-графика	1	01.09.17	02.09.17	Руководитель проекта, исполнитель проекта
Начало изучения литературы	30	15.09.17	15.10.17	Руководитель проекта, исполнитель проекта
Выбор преобразователя частоты. Расчет параметров.	28	17.10.17	12.11.17	Руководитель проекта, исполнитель проекта
Выбор двигателя. Расчет и построение характеристик.	35	15.11.17	20.12.18	Исполнитель проекта
Расчет и построение характеристик электропривода газоперекачивающего агрегата.	16	10.02.18	05.03.18	Исполнитель проекта
Разработка		12.03.18	28.04.18	Руководитель

имитационной модели системы «ПЧ-АД - нагнетатель» в среде Matlab	48			проекта, исполнитель проекта
Оценка эффективности и анализ результатов	3	30.04.18	02.05.18	Руководитель проекта, исполнитель проекта
Оформление расчетно - пояснительной записки	17	05.05.18	25.05.18	Исполнитель проекта
Итого:		Руководитель проекта		110
		Исполнитель проекта		178

Для иллюстрации календарного плана проекта построена диаграмма Ганта, представленная на рисунке 3. Диаграмма Ганта отображает план проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Название	Длительность, дни	Состав участников	Продолжительность выполнения работ																										
			Сентябрь			Октябрь			Ноябрь			Декабрь			Январь			Февраль			Март			Апрель			Май		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выдача и согласование с руководителем темы проекта, подготовка плана-графика	1	Руководитель проекта																											
		Исполнитель проекта																											
Начало изучения литературы	30	Руководитель проекта																											
		Исполнитель проекта																											
Выбор преобразователя частоты. Расчет параметров.	28	Руководитель проекта																											
		Исполнитель проекта																											
Выбор двигателя. Расчет и построение характеристик.	35	Исполнитель проекта																											
Расчет и построение характеристик электропривода газоперекачивающего агрегата.	16	Исполнитель проекта																											
Разработка имитационной модели системы «ПЧ-АД - нагнетатель» в среде Matlab	48	Руководитель проекта																											
		Исполнитель проекта																											
Оценка эффективности и анализ результатов	3	Руководитель проекта																											
		Исполнитель проекта																											
Оформление расчетно - пояснительной записки	17	Исполнитель проекта																											

Рисунок 3 – Диаграмма Ганта

Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного проекта должны быть отражены все виды планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Выполнение проекта планируется проводить в учебных корпусах ТПУ, оснащенных всем необходимым оборудованием и программными средствами. Приобретать программные средства, компьютер, оригинальный шкаф релейной защиты нет необходимости. Необходимо заложить часть расходов за использование оборудования в накладных расходах.

Основная заработная плата

Основная заработная плата сотрудника рассчитывается согласно действующей в ТПУ системе оплаты труда.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИР и определяется по формуле:

$$C_{ЗП} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.

Основная заработная плата:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб},$$

где $T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 16);

$Z_{\text{он}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб./день.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{он}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{о}}},$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб./мес.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{о}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала. Составляет 219 дней.

Таблица 17 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: <ul style="list-style-type: none">• выходные дни и праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени: <ul style="list-style-type: none">• отпуск и невыходы по болезни	28	28
Действительный годовой фонд рабочего времени	219	219

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot k_{\text{р}},$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб./мес.;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{б}}$, руб./мес.	k_p	$Z_{\text{м}}$, руб./мес.	$Z_{\text{дн}}$, руб./день	T_p , раб. дн.	$Z_{\text{осн.}}$, руб.
Исполнитель	17000	1,3	22100	1002	130	130260
Руководитель						7200
Итого:						137460

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}},$$

Таблица 19 – Дополнительная заработная плата

Заработная плата	Исполнитель	Руководитель	Сумма
Основная зарплата	130260	7200	137460
Дополнительная зарплата	36869	-	36869
Итого $C_{\text{зн}}$	174329		

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{соц}} = k_{\text{внеб}} \cdot C_{\text{зн}},$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), равный 27,1%.

$$C_{\text{соц}} = 0,271 \cdot 174329 = 47243 \text{ руб.}$$

Прочие расходы

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость прочих затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты по данной статье заносятся в таблицу 20.

Таблица 20 – Прочие расходы

№	Наименование изделия	Кол-во единиц изделия	Цена единицы изделия, руб.	Общая стоимость изделия, руб.
1	Канцелярские товары			
	Ручки	10	50	500
	Карандаши	10	20	200
	Степлер	1	200	200
	Мультифоры	1	200	200
	Скоросшиватели	1	200	200
	Краска для принтера	1	500	500
	Бумага	1	500	500
Итого				2300
Итого с учетом прочих расходов, C_m				308309

Расчет бюджета проекта и накладных расходов

Общая сумма проекта составляет 20% бюджета проекта. В итоге бюджет проекта составляет:

$$C_{\text{проекта}} = \frac{308309}{0,8} = 385386 \text{ руб.}$$

Рассчитаем накладные расходы:

$$C_{\text{накл}} = 0,16 \cdot 385386 = 61661 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет проекта НТИ «Асинхронный электропривод компрессора природного газа», по форме, приведенной в таблице 21.

Таблица 21 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
Специальное оборудование	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Прочие расходы	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
-	254260	51749	82928	2300	385386	77077	462463

Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта

Оценка абсолютной эффективности проекта

На предыдущих этапах была рассчитана себестоимость реализации проекта, выбрана модель коммерциализации, рассмотрены риски.

Выручка проекта считается с тем учетом, что в течение каждого года предполагается заключать договора по написанию проектов модернизации релейной защиты. Для написания проекта достаточно двух человек. Предположим, что с течением времени, с момента выхода на рынок потребители будут узнавать о нашей компании и количество заказов постепенно будет увеличиваться. Стоимость одного проекта примерно равна 150 тыс рублей.

Для оценки общей экономической эффективности инноваций в качестве основных показателей рекомендуются:

- чистый доход (ЧД или NV);
- чистый дисконтированный доход (ЧДД или NPV);
- внутренняя норма доходности (ВНД или IRR);
- потребность в дополнительном финансировании (ПФ);

- дисконтированный срок окупаемости (ДСО или DPP);
- индекс доходности затрат (ИД или PI)

Степень устойчивости проекта по отношению к возможным изменениям условий реализации может быть охарактеризована показателями границ безубыточности и предельных значений таких параметров проекта, как объемы производства, цены производимой продукции, ограниченность применяемых ресурсов и пр. Под "безубыточным" понимается объем продаж, при котором чистая прибыль становится равной нулю.

В таблице 23 приведены расчёты уровня безубыточности для каждого из этапов проекта. К постоянным издержкам в данном случае относятся затраты на оплату труда и общехозяйственные (оплата фиксированных услуг интернет, телефон и т.п.) расходы. К переменным издержкам относятся затраты на материалы и прочие накладные расходы на 1 единицу продукции. Также рассчитаны основные показатели и представлен план денежных потоков.

Выбранный временной промежуток длительностью 5 лет предполагает, что к 5му году окупятся затраты на разработку проекта и проект будет приносить прибыль.

Обычно коммерческую эффективность инвестиционного проекта энергоустановки оценивают относительно внешних параметров экономического окружения (отпускные тарифы на продукты энергетики и др.), действующих на территории её размещения. В работе применительно к энергетическому сектору рассматривается ставка дисконтирования на уровне 10 %.

Таблица 23 – План денежных потоков и расчёт безубыточности

№	Показатель, тыс. руб.	Номер шага (периода) расчета (t)					
		0	1	2	3	4	5
	Операционная деятельность						
	Выручка от хоз.договора	0	150	165	181,5	199,65	219,615
	Количество оформленных договоров	0	2	3	4	4	5
1	Выручка без НДС	0	300	495	726	798,6	1098,075
2	Полные текущие издержки, в том числе:	0	-184,82	-303,458	-443,998	-488,16	-670,369
3	ФОТ основных рабочих, включая взносы во внебюджетные фонды	0	-152,52	-251,658	-369,098	-406,08	-558,26
4	Накладные расходы	0	-30	-49,5	-72,6	-79,86	-109,80
5	Прочие расходы	0	-2,3	-2,3	-2,3	-2,3	-2,3
6	Денежный поток от производственной (операционной) деятельности (п.1+п.2)	0	115,18	191,542	282,001	310,431	427,706
7	Коэффициент дисконтирования при ставке дохода 10%	1	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
8	Дисконтированный ЧДПоп	0	104,698	158,213	211,213	212,024	265,605
9	То же накопленным итогом	0	104,968	262,913	474,695	686,72	952,325
	Инвестиционная деятельность						
10	Поступление инвестиций	- 462,5	0	0	0	0	0
11	11. Капиталовложения, обслуживание инвестиций	- 462,5	0	0	0	0	0

12	Сальдо от инвестиционной деятельности (п.10+п.11)	- 462,5	0	0	0	0	0
13	Коэффициент дисконтирования при ставке дохода 10%	1	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
14	Дисконтированный ЧДПин	- 462,5	0	0	0	0	0
15	То же накопленным итогом	- 462,5	-462,5	-462,5	-462,5	-462,5	-462,5
16	Сальдо суммарного потока (п.6+п.12)	- 462,5	115,18	194,542	282,0016	310,431	427,706
17	Тоже накопленным итогом (п.17i-1+п.16)	- 462,5	-347,32	-155,778	126,223	436,655	864,361
18	Коэффициент дисконтирования при ставке дохода 10%	1	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
19	Дисконтированное сальдо суммарного потока (п.16*п.18)	- 462,5	104,69	158,21	211,783	212,02	265,60
20	Тоже накопленным итогом (п.11*п.18)	- 462,5	-357,801	-199,588	12,195	224,22	489,82
21	Условно переменные издержки (п.3+п.5)	0	-154,82	-253,958	-371,398	-408,30	-560,561
22	Уровень безубыточности УБт (п.2-п.6)/(п.1-п.6)	0	0,3767	0,3688	0,3648	0,3640	0,3619

Чистым доходом (ЧД) называется накопленный эффект (сальдо денежного потока) за расчетный период, где суммирование распространяется на все шаги расчетного периода. Чистый доход (ЧД) указан в последнем столбце 17 строки: ЧД = 864,361 тыс.руб.

Чистый дисконтированный доход определяется по таблице 23 строка 20: ЧДД = 489,82 тыс. руб.

Таким образом можно сделать вывод о том что проект является эффективным.

ВНД определяется, исходя из строки 17, подбором значения нормы дисконта. ВНД рассчитывается как значение ставки дисконтирования, при которой ЧДД = 0. Используя встроенную функцию расчета ВНД в программе Microsoft Excel (формула «ВСД»), получаем, что ВНД = 38%. Это еще раз подтверждает эффективность проекта, так как ВНД > Е. Потребность в финансировании (ПФ) определяется максимальным отрицательным значением по строке 17 и равно 462,5 тыс. руб. (в нулевом периоде).

При оценке эффективности инвестиционных проектов так же часто используют индекс доходности инвестиций (ИД), который отражает отношение суммы доходов от производственной (операционной) деятельности к абсолютной величине капитальных вложений. Он равен увеличенному на единицу отношению ЧД к накопленному объему инвестиций. Определяется как:

$$ИД = 1 + \frac{ЧД}{К} = 1 + \frac{864,361}{462,5} = 2,86$$

Сроком окупаемости (payback period) называется продолжительность периода от момента разработки проекта до момента окупаемости. Он определяется путем сопоставления произведенных капитальных вложений с величиной доходов от реализации проекта. Моментом окупаемости называется тот наиболее ранний момент времени в расчетном периоде, после которого текущий чистый доход ЧД становится и в дальнейшем остается неотрицательным. Дисконтированный срок окупаемости инвестиций:

$$ДСО = t + \frac{-C_{ni}}{C_{ci+1}} = 2 + \frac{199,588}{212,02} = 2,94 \text{ года}$$

где t – срок окупаемости, отсчитанный от начала операционной деятельности;

C_{ni} – сальдо накопленного потока i -го периода;

C_{ci} – сальдо суммарного потока $i+1$ -го периода.

Максимальная величина уровня безубыточности составляет 0,36. Из проведенных расчетов можно заключить, что устойчивость проекта особых подозрений не вызывает.

Оценка социальной эффективности проекта

Оценка социальной эффективности научного проекта позволяет учитывать социально-экономические последствия для общества в целом или отдельных категорий населений, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты. Результаты оценки социальной эффективности представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Критерии социальной эффективности

До	После
Расчеты режимов работы оборудования производятся в разных системах и разными способами	Систематизация расчета режимов работы оборудования электростанции. Более точный расчет токов короткого замыкания, из за проведения дополнительных расчетов постоянной времени затухания апериодической составляющей тока трехфазного короткого замыкания.
Использовались устаревшие электромагнитные типы реле.	Применение современной микропроцессорной релейной защиты, обладающей лучшими характеристиками по сравнению с электромагнитными реле.

Оценка сравнительной эффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного проекта. В данном

разделе произведена оценка ресурсоэффективности научной разработки. Интегральный показатель ресурсоэффективности можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проекта представлен в таблице 25. Условные обозначения вариантов взяты из таблицы 1.

Таблица 25 – Сравнительная оценка характеристик

Критерий \ Объект	Весовой коэффициент параметра	Φ	$K1$	$K2$
Надежность	0,15	5	5	3
Помехоустойчивость	0,1	4	3	4
Энергосбережение	0,2	5	5	5
Ремонтопригодность	0,15	3	3	3
Материалоемкость	0,2	3	4	4
Удобство эксплуатации	0,2	5	4	3
ИТОГО:	1	4,16	4	3,66

Как видно из полученной таблицы 25, создаваемый проект обладает лучшими характеристиками по сравнению с конкурентами.

Вывод:

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что текущий проект является более эффективным вариантом решения задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Анализ существующих исследований, посвященных вопросам эффективности научно – исследовательской деятельности, и проведенная сравнительная оценка соответствующих характеристик проекта показали необходимость разработки данного проекта для осуществления финансовой эффективности научно – исследовательской деятельности.

8 Социальная ответственность

Введение

Активное использование возобновляемых и невозобновляемых природных ресурсов и загрязнение окружающей среды, интенсивное внедрение техники, систем автоматизации и механизации практически во все сферы общественно-производственной деятельности сопутствуются возникновением и широким распространением различных экологических, биологических, техногенных и других опасностей.

Решение проблемы безопасности жизнедеятельности заключается в предоставлении комфортных условий деятельности человека, в его защите и защите окружающей среды от воздействия вредных факторов, превышающих допустимые уровни. Обеспечение безопасности труда способствует сохранению жизни и здоровья людей за счёт снижения травматизма и заболеваемости.

Каждое действие человека и все компоненты среды обитания обладают способностью генерировать как положительные факторы, так опасные и вредные. В современном мире к опасным и вредным факторам естественного происхождения (повышенные и пониженные температуры воздуха, атмосферные осадки и др.) добавилось множество опасных и вредных факторов антропогенного происхождения (шумы, вибрация, электромагнитные поля и др.), связанных с производственной, хозяйственной и иной деятельностью человека.

Следуя вышесказанному, целью данного раздела является проектирование такой газокompрессорной станции, работа на которой будет сводить к минимуму несчастные случаи и профессиональные заболевания, также обеспечивать уменьшение вредных воздействий на окружающую среду и экономно расходовать имеющиеся ресурсы.

Анализ вредных факторов

Работа компрессорной установки, исследуемой в данной работе основана на работе асинхронного двигателя, который, в свою очередь, является источником шума, входящим в список вредных факторов производственной среды, превышающим его значения при нормальных условиях работы [8]. Для уменьшения влияния шума, можно применять такие меры как: замена подшипников качения на подшипники-скольжения, а также проверка и своевременная замена смазочных материалов у используемых подшипников. Но данные меры достаточно затратны и трудоемки. Поэтому также возможно использование различных ограждений из звукопоглощающих материалов и отдельных частей установки для снижения уровня шума до допустимых значений.

Также опасен повышенный уровень вибрации, возникающий во время работы рассматриваемого двигателя при нагрузках выше номинальной. Во избежание влияния вибраций на человека необходима жесткая фиксация рабочих механизмов на своих местах с использованием виброгасящих материалов.

Ещё один вредный фактор – недостаток естественного света [1], при работе в условиях недостаточной освещённости, связанным с временем суток и погодными условиями. Пониженная контрастность в взаимодействии с плохой освещенностью является наиболее опасным для зрительных органов работника и может привести к травмам, при работе с движущимися частями установки [1]. Простым решением для снижения риска является покраска отдельных частей установки в различные отчетливо видные цвета.

Шум

Одним из наиболее распространенных неблагоприятных факторов производственной среды является шум. Основные производственные процессы, сопровождаются шумом, например, работа компрессоров, вентиляторов и др. Шум оказывает как местное, так и общее воздействие на организм человека.

Шум, возникающий при работе производственного оборудования и превышающий нормативные значения, воздействует на центральную и вегетативную нервную систему человека, органы слуха.

Основное физиологическое воздействие шума заключается в том, что повреждается внутреннее ухо, возможны изменения электрической проводимости кожи, биоэлектрической активности головного мозга, сердца и скорости дыхания, общей двигательной активности, а также изменения размера некоторых желез эндокринной системы, кровяного давления, сужение кровеносных сосудов, расширение зрачков глаз. Работающий в условиях длительного шумового воздействия испытывает раздражительность, головную боль, головокружение, снижение памяти, высокую утомляемость, понижение аппетита, нарушение сна.

Длительное воздействие шума, уровень которого превышает допустимые значения, может привести к заболеванию человека шумовой болезнью — нейросенсорная тугоухость. На основании всего выше сказанного шум следует считать причиной потери слуха, некоторых нервных заболеваний, снижения продуктивности в работе и в некоторых случаях потери жизни.

Для защиты от шума и вибрации по СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах" предусматриваются:

- обеспечение персонала индивидуальными средствами защиты;
- установка звукоизолирующих кабин;
- звукоизолирующие кожухи и экраны;
- виброизолирующие материалы под оборудование.

Для отдельных отраслей (подотраслей) экономики допускается эквивалентный уровень шума на рабочих местах от 80 до 85 дБА при условии подтверждения приемлемого риска здоровью работающих, а также выполнения комплекса мероприятий, направленных на минимизацию рисков здоровью работающих.

Учитывая, что с помощью технических средств не всегда удастся снижать уровни шума на рабочих местах до нормативных значений, необходимо применять **средства индивидуальной защиты (СИЗ)** органа слуха от шума. Принцип действия СИЗ – защитить наиболее чувствительный канал воздействия шума на организм человека – ухо. Применение СИЗ позволяет предупредить расстройство не только органов слуха, но и нервной системы от действия чрезмерного раздражителя. СИЗ включают в себя противошумные вкладыши (беруши), наушники, шлемы и каски, специальные костюмы.

Вибрация

Одним из наиболее опасных для человеческого организма производственных факторов является вибрация – колебание твёрдых тел.

При изучении действия вибрации на организм человека нужно учитывать, что колебательные процессы постоянно протекают и в самом человеке. Внутренние органы можно рассматривать как колебательные системы с упругими связями. Их собственные частоты лежат в диапазоне 3–6 Гц в положении лёжа, стоя — 5–12 Гц, грудной клетки — 5– 8 Гц. При воздействии на человека внешних колебаний таких частот происходит угнетение центральной нервной системы, вызывая чувство тревоги, возникновение резонансных явлений во внутренних органах, способных вызвать травмы, разрыв артерий, летальный исход.

Воздействие производственной вибрации на человека вызывает изменения как физиологического, так и функционального состояния организма человека. Изменения в функциональном состоянии организма проявляются в повышении утомляемости, увеличении времени двигательной и зрительной реакции, нарушении вестибулярных реакций и координации движений. Все это ведет к снижению производительности труда. Изменения в физиологическом состоянии организма — в развитии нервных заболеваний, нарушении функций сердечно-сосудистой системы, нарушении функций опорно-двигательного аппарата, поражении мышечных тканей и суставов,

нарушении функций органов внутренней секреции. Все это приводит к возникновению вибрационной болезни.

Технические нормы вибрации представлены в таблице 3.

Таблица 1. Предельно допустимые значения и уровни производственной вибрации по СанПиН 2.2.4.3359-16

Вид вибрации	Категория вибрации	Направление действия	Коррекция	Нормативные эквивалентные корректированные значения и уровни виброускорения	
				м/с	дБ
Локальная		Хл, Yл, Zл	Wh	2,0	126
Общая	1	Zo	Wk	0,56	115
		Хо, Yo,	Wd	0,40	112
	2	Zo	Wk	0,28	109
		Хо, Yo,	Wd	0,2	106
	3а	Zo	Wk	0,1	100
		Хо, Yo,	Wd	0,071	97
	3б	Zo	Wk	0,04	92
		Хо,Yo	Wd	0,028	89
	3в	Zo	Wk	0,014	83
		Хо,Yo	Wd	0,0099	80

Примечание.

Wh, - фильтр частотной коррекции по [ГОСТ 31192.1-2004](#).

Wd, Wk- фильтры частотной коррекции по [ГОСТ 31191.1-2004](#).

Wm - фильтр частотной коррекции по [ГОСТ 31191.2-2004](#).

Существует несколько способов борьбы с вибрацией:

- отстройка от режимов резонанса путем рационального выбора массы или жесткости колеблющихся систем;
- снижение вибрации в источнике – исключением резонансных режимов работы оборудования;
- виброгашение;

- виброизоляция.

Но данные методы дорогие в реализации, поэтому в большинстве случаев используются средства индивидуальной защиты от вибрации.

Для виброзащиты применяются СИЗ для рук, ног и тела. В качестве средства защиты для рук применяются рукавицы и перчатки, вкладыши и прокладки по ГОСТ 12.4.002 "Система стандартов безопасности труда. Средства защиты рук от вибрации. Технические требования и методы испытаний".

Виброзащитная обувь изготавливается в виде сапог, полусапог, в конструкции низа которых используется упруго-демпфирующий материал (ГОСТ 12.4.024 "Система стандартов безопасности труда. Обувь специальная виброзащитная. Общие технические требования").

Недостаток естественного света

Комфортные условия труда во многом зависят от освещения производственных помещений. Несоответствие нормативным показателям освещения или неправильная установка источников света могут быть причиной быстрой утомляемости работающих, а также несчастного случая.

При проектировании предприятий необходимо предусматривать два вида освещения – естественное и искусственное.

Естественный свет имеет высокую биологическую и гигиеническую ценность, так как обладает благоприятным для зрения человека спектральным составом и оказывает положительное воздействие на психологическое состояние человека. Специалисты полагают, что причина отрицательного воздействия может заключаться в изменении циркадных ритмов из-за недостатка естественного света. Поэтому следует уделять большее внимание дневному освещению для укрепления здоровья и морального состояния работников. Отсутствие или недостаток естественного освещения в рабочем помещении классифицируют как вредный производственный фактор, последствием которого может быть ухудшение самочувствия, потеря сна и ослабление здоровья.

На рабочих местах с отсутствием естественного освещения необходимо проводить мероприятия, направленные на уменьшение уровня вредности условий труда. В их число входят:

- улучшение условий путем использования искусственного освещения;
- сокращение продолжительности пребывания работников в помещении без естественного освещения;
- профилактическое ультрафиолетовое облучение работников.

При недостатке естественного освещения в помещениях также возможно принятие следующих мер:

- анализ степени загрязненности стекол в светопроемах, их очистка и дальнейшие контрольные измерения коэффициента естественной освещенности, показывающий какая часть наружного освещения попадает на рабочие места производственного помещения;
- при наличии в помещении зон с недостаточным и достаточным уровнем естественного освещения изменение размещения рабочих мест с их переносом в зону с достаточным уровнем естественного освещения;
- косметический ремонт помещения с применением светлых отделочных материалов.

В зависимости от напряжения зрительного аппарата при выполнении работы освещенность на предприятиях делят на восемь разрядов - от наивысшей точности до общего наблюдения за ходом производственного процесса.

В таблице 4 приведены нормируемые значения КЕО.

Таблица 2

Характеристика выполняемой зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Значение КЕО при естественном освещении, %	
			верхнем и комбинированном	боковом
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	10	3,5
Очень высокой точности	0,15 ... 0,30	II	7	2,5
Высокой точности	0,3 ... 0,5	III	5	2,0
Средней точности	от 0,5 до 1,0	IV	4	1,5
Малой точности	от 1 до 5	V	3	1,0
«Грубая работа»	Более 5	VI	2	0,5
Работа с самосветящимися материалами и изделиями в горячих цехах		VII		
Общие наблюдения за ходом производственного процесса:		VIII		
постоянное наблюдение	-	VIIIa	1	0,3
периодическое при постоянном пребывании людей в помещении		VIIIб	0,7	0,2
периодическое при периодическом пребывании людей в помещении		VIIIв	0,5	0,1

К числу источников света массового применения относятся лампы накаливания, дуговые ртутные люминофорные ДРЛ, люминесцентные лампы.

Лампы накаливания применяются там, где проводятся грубые работы, или осуществляется общий надзор за эксплуатацией оборудования. Кроме того, предпочтение лампам накаливания отдается во взрыво- и пожароопасных помещениях, в сырых помещениях, в помещениях с химически активной средой.

Основным источником света, как для общего, так и для комбинированного освещения, являются люминесцентные лампы: АД4, ЛД

(дневной свет), ЛХБ (холодно-белый свет), ЛБ (белый свет), ЛТБ (тёпло-белый свет). Из них наиболее экономичными являются лампы типа ЛБ.

Выбор системы освещения

Применение на рабочих местах одного местного освещения не допускается. Общее равномерное освещение применяется для помещений, где работа производится по всей площади, и нет необходимости в лучшем освещении отдельных участков.

Система общего локализованного освещения применяется тогда, когда в производственном помещении есть участки, на которых проводятся работы с высоким зрительным напряжением.

Система комбинированного освещения применяется в помещении, где выполняются точные зрительные работы; в случае необходимости определённого, изменяемого в процессе работы направления света, а также в помещениях с не высокой плотностью распределения рабочих мест.

Для газокompрессорной станции подойдет общее освещение в помещении с компрессорной установкой, где не требуется точные зрительные работы и система общего локального освещения в помещениях, где ведётся работа с документами.

Выбор осветительных приборов

В цеху механической обработки для общего локализованного освещения используются люминесцентные лампы. Это характеризуется энергетическими свойствами и техническими характеристиками.

- Люминесцентные лампы – открытые двухламповые светильники типа ОД, ОЛОП, ОДО, ШОТ, ООД – для нормальных помещений с хорошим отражением стен и потолка; их применение допускается при умеренной влажности и запыленности. [16]

- Светильники ПВЛ - являются пылевлагозащищёнными, пригодны для некоторых пожароопасных помещений. Мощность лампы 2x40 Вт

- Плафоны потолочные для общего освещения закрытых, сухих помещений:

1. Л71ВОЗ - мощность лампы 10х30 Вт

2. Л71В84-мощность лампы 8х40 Вт

Выбор коэффициента запаса

Полученная величина освещенности корректируется с учетом коэффициента запаса, так как со временем за счет загрязнения светильников и уменьшения светового потока ламп освещённость снижается

Значение коэффициента запаса представлены в таблице 5.

Таблица 3

Характеристика объекта	Люминесцентные лампы	Лампы накаливания
Помещения с большим выделением пыли	2.0	1.7
Помещения со средним выделением пыли	д1.8	1.5
Помещения с малым выделением пыли	1.5	1.3

Размещение осветительных приборов

При выборе расположения светильников необходимо руководствоваться двумя критериями:

1. обеспечение высокого качества освещения, ограничение ослеплённости и необходимой направленности света на рабочие места;
2. наиболее экономичное создание нормированной освещенности.

Расчет искусственного освещения

Система освещения производственных помещений: общее равномерное освещение лампами накаливания;

Тип светильника: универсальный без затемнителя;

Выполняемые работы имеют среднюю точность и относятся к IV категории.

Размеры производств-го помещения: высота 6 м; длина 32 м; ширина 12 м.

Потолок и стены светлые, пол темный.

Площадь помещения: $S = AB = 32 \cdot 12 = 384 \text{ м}^2$.

Находим величину минимально допустимой табличной освещенности:

$$E_n = 100/L_k$$

По усл-ю слепящего действия высота подвеса светильника над полом:
4м.

Свес светильника: $h_e = 1м$

Тогда высота подвеса светильника над рабочей поверхностью:

$h = 6 - 1 - 0,8 = 4,2$ м, где 0.8 высота рабочей поверхности.

Произведем предварительную разметку светильников. Расстояние между светильниками L определяется, как выгоднейшее: $L/h = 1,1; L = 1,1 \cdot 4,2 = 4,64$ м.

Крепим светильники по длине (отступив от стен 2м) на расстоянии 4.57м.

Крепим светильники по ширине (отступив от стен 2м) на расстоянии 2,7м.

В результате разметки принимаем 21 светильник.

Для определения коэффициента использования находим индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{384}{4,2 \cdot (32 + 12)} = 2,1$$

Коэффициент использования: $\eta = 0.43$

Расчетный световой поток: $F = \frac{E_n kSZ}{n\eta} = \frac{100 \cdot 1,3 \cdot 384 \cdot 1,1}{21 \cdot 0,43} = 6081$ Лм,

где k - коэффициент запаса;

Z - коэффициент учитывающий отклонение от средней величины.

По полученному потоку подбираем мощность лампы для работы на напряжение 220В. Наиболее подходящий лампой является лампа мощностью 85Вт со световым потоком 6500Лм. Чтобы сохранить световой поток неизменным, число светильников надо уменьшить в следующее число раз:

$$\frac{6081}{6500} = 0,94; \quad 21 \cdot 0,94 = 19,74 \text{ шт.}$$

Принимаем 21 светильник для удобного их расположения. В связи с этим проведем окончательную разметку светильников.

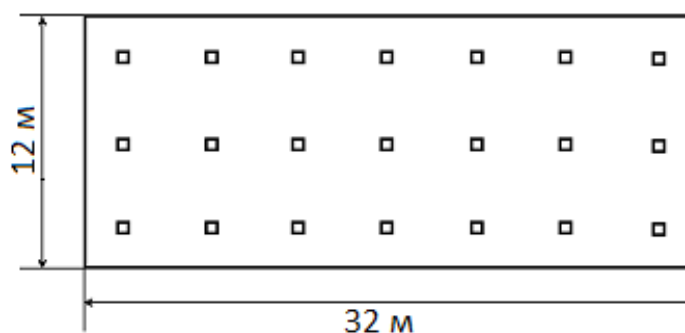


Рисунок 1 – План помещения в масштабе

Микроклимат

Помещение цеха характеризуется:

- наличием большого количества металлического оборудования;
- повышенной температурой.

Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений представлены в таблице 4.

Таблица 4

Сезон года	Категория работ	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
		По ГОСТ 12.1.005 – 88	По ГОСТ 12.1.005 – 88	По ГОСТ 12.1.005 – 88
Холодный	Средней тяжести	17 – 19	40 – 60	0,3
Тёплый со значительным избытком тепла	Средней тяжести	20 – 22	40 – 60	0,2 – 0,5

Для обеспечения нормального микроклимата предусматривается, в соответствии с СанПиН 2.2.4.548 – 96(1), следующее:

- вентиляция приточно-вытяжная по СНиП 2.04.05 – 91* (28.11.91) установка центробежных вентиляторов. Кратность воздухообмена 1;
- установка систем воздушного отопления, совмещённых с вентиляцией;

Предусмотренные мероприятия обеспечивают параметры микроклимата в соответствии с нормами, представленными в таблице 1.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548 – 96(1) значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха устанавливаются, для рабочей зоны производственных помещений, в зависимости от категории тяжести выполняемой работы, величины явного избытка тепла выделяемого в помещении и периода года.

Анализ опасных факторов

Проведем анализ опасных производственных факторов в вышеописанном технологическом процессе исследования и проверки АД с кз ротором. При эксплуатации асинхронных электродвигателей существует целый ряд правил и требований, предъявляемых к ним с точки зрения техники безопасности.

Прежде всего необходимо отметить наиболее характерные ситуации, при которых требуется немедленное отключение электродвигателя от сети:

- угроза несчастного случая или несчастный случай с человеком, требующие немедленной остановки двигателя;
- дым или огонь из двигателя или его пускорегулирующей аппаратуры;
- вибрации сверх допустимых норм, угрожающие целостности двигателя;
- поломка приводимого механизма;
- нагрев подшипников сверх допустимой температуры;
- существенное снижение числа оборотов, сопровождающееся быстрым нагревом двигателя.

Для предотвращения поражения электрическим током обслуживающего персонала выводы статорной и роторной обмотки должны быть закрыты ограждениями, снятие которых требует отвертывания гаек или вывинчивания винтов. Вращающиеся части машин также должны быть закрыты ограждениями, снятие которых во время работы двигателей строго воспрещается. Проводится заземление электроустановки и полное или частичное ограждение токоведущих частей. Данные операции должны производиться на основании [10 - 13].

В производствах, где возможна систематическая перегрузка двигателей по технологическим причинам, необходима установка защиты от перегрузки. Эта защита должна воздействовать на аварийную сигнализацию, на управляющие органы с целью разгрузки механизма или на пусковую аппаратуру для отключения двигателя.

Асинхронные двигатели должны иметь защиту от коротких замыканий с помощью автоматического выключателя либо предохранителей с плавкими вставками. Уставки автоматов и номинальный ток плавких вставок выбираются так, чтобы не допускать ложного срабатывания защиты при пусковых токах.

Перед пуском двигателя необходимо своевременное предупреждение рабочих, обслуживающих его, о запуске.

Электропоражение

Электропоражение персонала, работающего с электроустановками, является опасным для жизни человека и наступает при соприкосновении его с сетью не менее чем в двух точках. При разработке коллективных и индивидуальных средств защиты от электропоражения необходимо, согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ), рассмотреть следующие вопросы:

- обоснование категории помещения по степени опасности поражения электрическим током;
- требования к электрооборудованию;
- анализ соответствия реального положения на производстве перечисленным требованиям;
- мероприятия по устранению обнаруженных несоответствий;
- обоснование мероприятий и средств защиты, работающих от поражения электрическим током.

Рассматриваемая лаборатория не имеет характеристик, свойственных особо опасным помещениям в части поражения электрическим током. Необходимо применение основных коллективных способов и средств

электрозащиты: изоляция проводов и её непрерывный контроль; предупредительная сигнализация и блокировка; использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов; защитное заземление и защитное отключение.

Также, используются индивидуальные электрозащитные средства. В установках до 1000 В используются диэлектрические перчатки, указатели напряжения, диэлектрические коврики и боты, изолирующие подставки, а также инструмент с изолированными рукоятками.

Загорание (пожар)

Пожары – неконтролируемый процесс горения, которые чреваты большими материальными издержками, а часто и человеческими жертвами. Обеспечение пожаробезопасности начинается с определения класса взрывоопасной зоны или класса пожароопасной зоны данного производственного помещения. Согласно СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, рассматриваемая лаборатория относится к классу В (обработка или применение твердых сгораемых веществ и материалов, а также жидкостей с температурой выше 120 градусов): электроизоляция, бумага, мебель. Т.е. технологический процесс в лаборатории исключает взрывоопасную зону, имеющиеся вещества могут только гореть. Лаборатория имеет пожароопасную зону класса П-2а. (ПУЭ) Минимальная допустимая степень защиты оболочек электрических машин для данной пожароопасной зоны обозначается IP44. Использование данной степени защиты – одно из направлений профилактики, оно должно быть установлено на объектах, где воздействие опасных факторов пожара может привести к травматизму или гибели людей, этого требует «технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Лаборатория оснащена такой системой с дымовыми извещателями. Сигналы извещателей включают систему протоколирования информации,

формируют управляющую систему тревоги и систему оповещения о пожаре, для своевременной эвакуации людей.

Выбор типа и расчет необходимого числа огнетушителей производится в зависимости от их огнетушащей способности. Из пяти таких классов, лаборатории подходит класс А (пожар твердых веществ) и класс Е (горение электроустановок). Согласно [6] на 800 м² защищаемой площади рекомендуется использовать восемь двухкилограммовых порошковых огнетушителей. Для лаборатории достаточно одного двухкилограммового огнетушителя ОП.

Утечка газа

Следует обеспечить соответствие резервуаров для хранения природного газа и их компонентов (например, трубопроводов, клапанов и насосов) международным стандартам структурной целостности и эксплуатационных характеристик с целью предотвращения внезапных отказов, а также пожаров и взрывов при эксплуатации в нормальном режиме и во время стихийных бедствий. К применимым международным стандартам могут, в частности, относиться положения о предохранении от переполнения, вторичной защитной оболочке и обваловании, измерении и регулировании расхода газа, противопожарной защите (включая гасители пламени) и заземлении (для предотвращения образования электростатических зарядов).

Следует периодически проводить обследование резервуаров и их компонентов (например, крыши и запорной арматуры) на предмет структурной целостности и наличия коррозии, а также обеспечить их регулярное техническое обслуживание и замену оборудования.

Существует несколько методов обследования резервуаров:

- визуальное обследование позволяет обнаружить трещины и утечки в резервуарах;
- радиографический или ультразвуковой метод контроля можно использовать для измерения толщины стенок и уточнения местоположения трещин;

- гидростатические испытания позволяют выявить утечки, вызванные давлением, а сочетание электроиндуктивной дефектоскопии с ультразвуковым методом контроля можно использовать для выявления язвенной коррозии.

Защита окружающей среды

Работа в лаборатории сопряжена с образованием и выделением газообразных, жидких и твердых отходов.

Газообразные отходы, загрязняющие воздух помещения: естественные выделения – углекислый газ, пары воды, летучие органические соединения – ЛОС (альдегиды, кетоны), азотистые соединения; бытовая пыль; ЛОС, выделяющиеся в процессе эксплуатации отделочных материалов, лакокрасочных покрытий мебели и др. Перед выбросом воздух помещений подвергается обязательной очистке в фильтровентиляционных системах, что предотвращает атмосферу от загрязнения. Жидкие отходы – бытовые отходы, образующиеся в процессах влажной уборки помещений, при пользовании водопроводом, туалетом и т.п., сбрасываются в городскую канализацию и далее поступают в системы централизованной очистки на городских очистных сооружениях.

При обращении с твердыми отходами: бытовой мусор (отходы бумаги, отработанные специальные ткани для протирки офисного оборудования и экранов мониторов, пищевые отходы); отработанные люминесцентные лампы; офисная техника, комплектующие и запчасти, утратившие в результате износа потребительские свойства – подлежит: бытовой мусор после предварительной сортировки складируют в специальные контейнеры для бытового мусора (затем специализированные службы вывозят мусор на городскую свалку); утратившее потребительские свойства офисное оборудование передают специальным службам (предприятиям) для сортировки, вторичного использования или складирования на городских мусорных полигонах. Отработанные люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681

[16]. Люминесцентные лампы, применяемые для искусственного освещения, являются ртутьсодержащими и относятся к 1 классу опасности. Ртуть люминесцентных ламп способна к активной воздушной и водной миграции. Интоксикация возможна только в случае разгерметизации колбы, поэтому основным требованием экологической безопасности является сохранность целостности отработанных ртутьсодержащих ламп. Отработанные газоразрядные лампы помещают в защитную упаковку, предотвращающую повреждение стеклянной колбы, и передают специализированной организации для обезвреживания и переработки. В случае боя ртутьсодержащих ламп осколки собирают щеткой или скребком в герметичный металлический контейнер с плотно закрывающейся крышкой, заполненный раствором марганцевокислого калия. Поверхности, загрязненные боем лампы, необходимо обработать раствором марганцевокислого калия и смыть водой. Контейнер и его внутренняя поверхность должны быть изготовлены из не адсорбирующего ртуть материала (винипласта).

К сфере защиты ОС и рационального использования природных ресурсов относится и экономия ресурсов, в частности, энергетических. Реальным вкладом здесь может стать экономия электрической и тепловой энергии на территории предприятия. Во-первых, это улучшает экономические показатели деятельности предприятия (уменьшение расходов на электротепловую энергию). Во-вторых, экономия энергии означает уменьшение газа, мазута, угля, сжигаемого в топках котлов ТЭС и электроустановок (котельных) промпредприятий и одновременное уменьшение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Несмотря на кажущуюся малость такого вклада в энергосбережение и в защиту атмосферного воздуха от загрязнения массовое движение в этом направлении, в том числе, в быту, принесет значимый эффект.

Предотвращение ЧС и устранение их последствий

Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации на компрессорной станции: возникновение пожара, электропоражение и утечка природного газа.

Пожар (загорание) как источник ЧС

Основными причинами пожара могут быть: перегрузка проводов, короткое замыкание, большие переходные сопротивления в электрических цепях, электрическая дуга, искрение и неисправности оборудования.

Согласно [5], пожарная профилактика обеспечивается: системой предотвращения пожара; системой противопожарной защиты; организационно - техническими мероприятиями. К мерам предотвращения пожара относятся: применение средств защитного отключения возможных источников загорания (защитного зануления); применение искробезопасного оборудования; применение устройства молниезащиты здания; выполнение правил по пожарной безопасности.

К мерам противопожарной защиты относятся: применение пожарных извещателей; средств коллективной и индивидуальной защиты от факторов пожара; системы автоматической пожарной сигнализации; порошковых или углекислотных огнетушителей, два ящика с песком 0,5 м³.

Организационно-технические мероприятия: наглядная агитация и инструктаж работающих по пожарной безопасности; разработка схемы действий администрации и работающих в случае пожара и организация эвакуации людей; организация внештатной пожарной дружины.

При обнаружении загорания рабочий немедленно сообщает по телефону 01 в пожарную охрану, сообщает руководителю, приступают к эвакуации людей и материальных ценностей. Тушение пожара организуется первичными средствами с момента обнаружения пожара. Пострадавшим при пожаре обеспечивается скорая медицинская помощь.

Электропоражение как источник ЧС

Современная система электробезопасности обеспечивает защиту от поражения в двух наиболее вероятных и опасных случаях:

- при прямом прикосновении к токоведущим частям электрооборудования;
- при косвенном прикосновении.

Под косвенным прикосновением понимается прикосновение человека к открытым проводящим частям оборудования, на которых в нормальном режиме электроустановки отсутствует электрический потенциал, но при каких-либо неисправностях, вызвавших нарушение изоляции или ее пробой на корпус, на этих частях возможно появление опасного для жизни человека потенциала.

Для защиты от прямого прикосновения к токоведущим частям, согласно [17] п.412. служат изоляция токоведущих частей, применение ограждений и оболочек, установка барьеров, размещение вне зоны досягаемости, устройства защитного отключения (УЗО).

Для защиты от косвенного прикосновения применяются: защитное заземление и защитное зануление [17] п.413.

Даже если при электропоражении работающий внешне сохранил формат нормального самочувствия, он должен быть осмотрен врачом с заключением о состоянии здоровья. Предварительно пострадавший должен быть освобожден от действия электрического тока. Если при этом отключить напряжение быстро невозможно, освобождение от электричества пострадавшего необходимо производить, изолировав себя диэлектрическими перчатками или галошами. При необходимости перерезать провода (каждый в отдельности) инструментом с изолированными ручками. Если есть необходимость (при потере сознания, остановке сердца и т.п.) оказания первой помощи, то до прибытия медработника необходимо начать делать: наружный массаж сердца, искусственное дыхание.

Для предотвращения от поражения электрическим током при прикосновении к корпусам электроустановок, находящихся под напряжением при пробое изоляции или в других случаях, необходимо рассчитать и установить защитное заземление.

Утечка природного газа как источник ЧС

Качественные и количественные методы обнаружения утечек газа:

Методы количественного определения утечек газа предусматривают измерение количества газа, проникающего в окружающее пространство через неплотности. Качественным методом утечки газа могут быть обнаружены на поверхности земли приборами или визуально по следующим признакам:

- шуму газа и запаху, если газ одорирован;
- изменению цвета растительности или её засыханию;
- появлению пузырьков на водной поверхности в местах переходов через реки и болота, а также на воде, скопившейся над газопроводом в результате дождя, или таяния снега;
- потемнению снега от вынесенных газом частицы грунта.

Признаки отравления газом: головная боль (в висках); головокружение, тошнота, рвота, резкая слабость в руках и ногах, сердцебиение, а в тяжелых – оглушенное состояние, нередко – возбужденное состояние с беспорядочными движениями, потеря сознания.

Меры: немедленно оказать первую помощь в лечебном учреждении (на месте) или вызвать скорую помощь. Пострадавшего вывести на свежий воздух, обеспечить покой, исключить возможность охлаждения. В случае тяжелого отравления дают вдыхать кислород, проводят искусственное дыхание. Во всех случаях – дают крепкий чай, кофе, вдыхать кислород в течение 30...45 мин.

Основные свойства природного газа.

Газ состоит из горючих и не горючих частей:

- горючая часть – метан – без цвета, вкуса, запаха – 93,2%, тяжелые углеводороды – этан – при низких давлениях переходят в жидкое состояние.

- негорючая часть – углекислый газ, азот, кислород. Для определения газа в помещениях при его утечке из газопровода или аппаратов его одорируют, т.е. придают резкий запах (искусственно). Одоризация позволяет обнаружить газ даже если его концентрация мала. Средняя норма одоранта – 1мг на 1000м³.

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

При приёме на работу, работник должен пройти инструктажи для своей же безопасности: вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый, текущий.

- Вводный инструктаж проводится со всеми вновь принимаемыми на работу независимо от их образования, стажа работы по данной профессии или должности, а также с командированными работниками, учащимися, студентами, прибывшими на производственное обучение или практику

- Первичный инструктаж на рабочем месте проводится непосредственным руководителем работ перед допуском к работе, и должен сопровождаться показом безопасных приемов работ.

- Повторный инструктаж на рабочем месте проводят с работниками независимо от их квалификации, стажа и оплаты работы не реже чем раз в шесть месяцев. Цель этого инструктажа - восстановить в памяти рабочего инструкции по охране труда, а также разобрать конкретные нарушения из практики предприятия.

- Внеплановый инструктаж на рабочем месте проводится при изменении правил по охране труда, технологического процесса, нарушении работниками правил техники безопасности, перерывах в работах, к которым предъявляются дополнительные требования безопасности труда, - более чем на 30 календарных дней, для остальных работ - 60 дней.

- Текущий инструктаж проводится для работников, которым оформляется наряд-допуск на определенные виды работ.

Согласно документу ГОСТ 12.2.049-80, «Оборудование производственное», конструкция производственного оборудования должна обеспечивать возможность удобства выполнения трудовых действий в положении стоя и сидя. При выборе положения работающего, необходимо учитывать:

- физическую тяжесть работ;

- размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней работающего в процессе выполнения работ;
- технологические особенности процесса выполнения работ

Оператор в диспетчерской должен быть обеспечен нормальными условиями труда. Конструкция регулируемого кресла оператора должна соответствовать требованиям ГОСТ 21889-76, показанным на рисунке 3. А высота сидений должна быть следующая, в таблице 5.

Таблица 5 – Высоты сидений для работающего персонала

Пол работающего	Высота сиденья, мм
Женщины	400
Мужчины и женщины	420
Мужчины	430

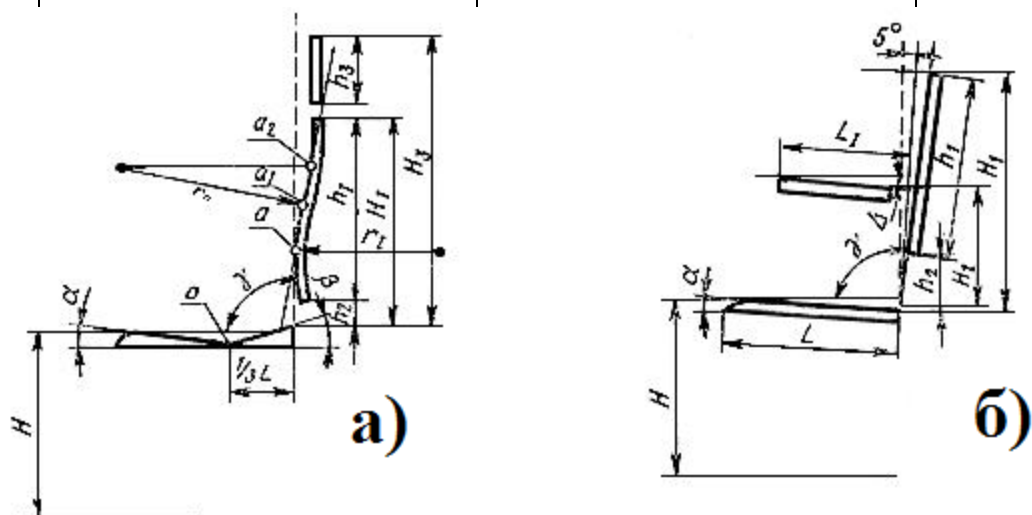


Рисунок 3 – Кресла с: а) профилированными элементами, б) непрофилированными элементами

Согласно документу ГОСТ Р 50923-96, дисплей на рабочем месте оператора, должен располагаться так, чтобы изображение в любой его части было различимо без необходимости поднять или опустить голову. Дисплей на рабочем месте должен быть установлен ниже уровня глаз оператора. Угол наблюдения экрана оператором относительно горизонтальной линии взгляда не должен превышать 60° , как показано на рисунке 4.

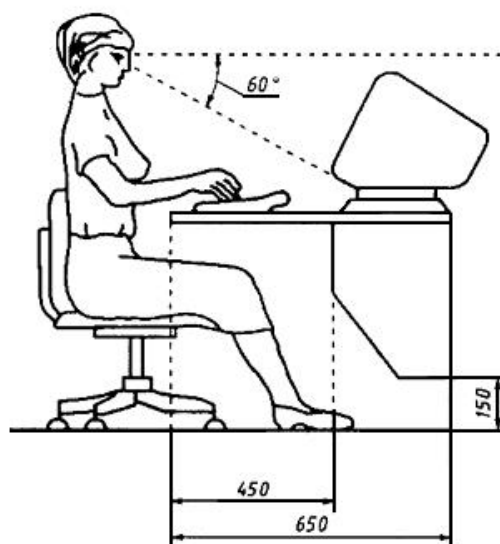


Рисунок 4 – Расположение дисплея на столе

Освещенность рабочего места оператора на рабочем столе в горизонтальной плоскости от общего искусственного освещения должна быть от 300 до 500 лк. Уровень шума на рабочем месте оператора не должен превышать значений, указанных в таблице 6.

Таблица 6 – Уровни звукового давления

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Средства индивидуальной защиты подразделяются на три группы:

1. Специальная одежда и специальная обувь
 2. Технические средства
 3. Средства личной гигиены
- Специальная одежда и специальная обувь предназначены для защиты работающих от загрязнений, механического травмирования, избыточного тепла и холода, агрессивных жидкостей (комбинезоны, халаты, костюмы, сапоги, ботинки, валенки, косынки, кепи).
 - Технические средства индивидуальной защиты предназначены для защиты органов дыхания (маски, респираторы, противогазы), слуха (бируши, наушники, антифоны), зрения (очки, щитки, маски) от вибрации (виброзащитные рукавицы), от поражения электрическим током (диэлектрические перчатки, галоши, коврики), от механического травмирования (каска, страховочные пояса, рукавицы, перчатки) и других опасных и вредных факторов.
 - Средства личной гигиены предназначены для защиты кожи рук и лица от химических веществ и загрязнений (пасты, мази, моющие средства).
- Обязанности работодателя по обеспечению средствами индивидуальной защиты
- Работодатель обязан:
- Обеспечивать работников средствами индивидуальной защиты в соответствии с установленными сроками.
 - Заменить пришедшие средства индивидуальной защиты в негодность до окончания срока пользования по причинам, не зависящим от работника (пропажа, порча).
 - Соблюдать сроки периодических испытаний и проверки исправности технических средств индивидуальной защиты (респираторов, противогазов, предохранительных поясов).

- Осуществлять контроль за правильным использованием и обязательным применением выданных средств индивидуальной защиты.

Работники не должны допускаться к работе без положенных средств индивидуальной защиты, в неисправной, загрязненной специальной одежде или обуви, с неисправными или не прошедшими очередное испытание или проверку техническими средствами индивидуальной защиты.

Ответственность за своевременную и в полном объеме выдачу работникам средств индивидуальной защиты, прошедших в установленном порядке сертификацию или декларирование соответствия в соответствии с типовыми нормами, организацию контроля за правильностью их применения работниками, а также за хранение и уход за средствами индивидуальной защиты возлагается на работодателя.

Если работник не обеспечен сертифицированными и исправными средствами индивидуальной защиты, которые положены ему в соответствии с нормами, работодатель не вправе требовать от него выполнения трудовых обязанностей и обязан оплатить возникший по этой причине простой (ст. 220 ТК РФ).

Заключение

В данной магистерской диссертации был исследован асинхронный электропривод компрессора. В ходе выполнения работы были рассчитаны параметры схемы замещения высоковольтного асинхронного двигателя, статические характеристики электропривода со скалярным управлением. В программной среде MATLAB были получены переходные характеристики электропривода при пуске на разные частоты регулирования с здатчиком интенсивности на входе системы и без него. Применение здатчика интенсивности позволило устранить колебания электромагнитного момента двигателя в переходном режиме, а также уменьшить максимальное значение пускового момента.

Список использованной литературы

1. Ключев В. И., Терехов В. М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов: Учебник для вузов. – М.: Энергия, 1980. – 360 с., ил.
2. Медведев Г.Г., Дорохов А.Р. Введение в курс Насосы, вентиляторы, компрессоры. – Конспект лекций. Томск: Изд. ТПУ, 1998. – 64 с.
3. Семидуберский М.С насосы, компрессоры, вентиляторы. Учебник для техникумов. Изд. 4-е перераб. и доп. М., «Высшая школа», 1974 – 232с.
4. Современное состояние и тенденции в асинхронном частотно-регулируемом электроприводе (краткий аналитический обзор)/ Л.Х. Дацковский, Б.И. Абрамов и др.// Электротехника 1996. - №10. - С. 18-28.
5. М.Г. Чиликин, М.М. Соколов, В. М. Терехов, А.В. Шинянский Основы автоматизированного электропривода. Учеб. Пособие для вузов. М., «Энергия», 1974. – 568 с.
6. В.И. Ключев «Теория электропривода», М: Энергоиздат, 1998.
7. Электронный каталог [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о преобразователе частоты URL: <http://www.vesper.ru/catalog/invertors/ei-p7012/spec-7012>
8. ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
9. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценки факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Минздрав России, 1999.